DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO DO DIÂMETRO EXTERNO E DIÂMETRO PRIMITIVO DE ROSCAS EXTERNAS COM USO DE M.M.C.

Valter Marcelino Mangili[1]

Anderson Daleffe[2]

Resumo: Roscas são meios de fixação, são também sistema de transmissão de movimento de máquinas. Geralmente formadas pelo conjunto parafuso e porca. Existe vários tipos de roscas para diversos tipos de usos variando o seu perfil para cada aplicação. Calibradores de rosca são equipamentos empregados amplamente em diversos seguimentos industriais principalmente no setor metal mecânico com o intuito de avaliar de forma rápida se a rosca produzida seja ela interna ou externa está de acordo com as especificações exigidas. Alguns parâmetros para as calibrações dos verificadores de rosca são primordiais e devem ser verificados como por exemplo, diâmetro (externo e interno), diâmetro primitivo, passo da rosca, semi-ângulo dos flancos.O objetivo deste artigo é viabilizar o desenvolvimento desde a pesquisa até a construção do dispositivo para a calibração dos calibradores de rosca e consequentemente destes parâmetros.

Palavras-Chave: Metrologia. Calibradores. Rosca.

Abstract: Threads are fixation means and are also machines motion transmission system. Usually formed by screw and nut assembly. There are several types of threads for various kinds of uses, varying the profile for each particular application. Thread gauges are equipment used in various industrial segments, mainly in the mechanical metal sector in order to quickly avaliate if the produced thread either internal or external is in conforms to the required specifications. Some parameters for calibration of the thread checkers are very important and should be checked for example, diameter (inner and outer), pitch diameter, thread pitch, half angle of the flanks. The purpose of this article is to enable the development since the research until the construction of the device for the calibration of thread gauges and therefore these parameters.

Keywords: Metrology. Calibrators. thread.

1 INTRODUÇÃO

A metrologia é definida como ciência da medição. Abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza, em qualquer campo da ciência ou tecnologia” (INMETRO, 2000).

1 Graduado em Tecnologia em Manutenção Industrial, Faculdade SATC. E-mail: valter.marcelino@satc.edu.br

2 Doutor em , Faculdade SATC. E-mail: anderson.daleffe@satc.edu.br

O parafuso é um componente metálico ou constituído por outro material como, plástico, vidro ou madeira, de geometria cilíndrica ou cónica. Em aplicações onde a resistência ao tempo e à corrosão são necessárias, o aço inoxidável, o titânio e o bronze são os materiais mais utilizados. Normalmente apresenta um formato cilíndrico ou cónico, sulcado em espiral ao longo da sua face externa e com a sua base superior, designada por cabeça do parafuso, podendo se adaptar a diversas ferramentas de fixação, como por exemplo uma chave de fendas. A cabeça também pode ser quadrada ou sextavada e deste modo é utilizada uma chave de bocas para proceder à sua fixação (COELHO 2014).

As roscas são superfícies compostas, gerada por um ou mais perfis e quando todos os seus pontos descrevem hélices com passo constante ou variável, conforme norma NBR 5876. Conforme a ABNT CB 206, as roscas são classificadas como roscas para fixação e roscas para transmissão de movimentos. Roscas de fixação têm o objetivo de prender dois ou mais elementos entre si. Este grupo de roscas é utilizado, como por exemplo, em porcas, parafusos e hastes roscadas. Do outro lado, as roscas de transmissão de movimentos são utilizadas com o objetivo de transmitir potência e movimentos, transformando-os de giratórios para lineares. Exemplos destas aplicações são, por exemplo, fusos de tornos, fusos de esferas e roscas sem fim (STEMMER, 1995).

Segundo Beckwith e Buck (1991), a medição é o ato de se comparar uma quantidade com um padrão pré definido. Para realização desta comparação, a metrologia de medição deve ser demostrada e o padrão e aparelhos utilizados devem estar calibrados.

A medição de rosca é feita normalmente de forma externas, isto é, roscas tipo parafuso, e medição de roscas internas, tipo porca. Apesar de terem os métodos alguns procedimentos em comum, há bastante diferenças entre eles. Além disso, a medição de roscas internas é mais complexa e o número de métodos aplicáveis bastante reduzido (SILVA, 2011).

Na medição de roscas externas, dispõe-se, basicamente, de dois grupos distintos de métodos: há métodos mecânicos de medição, mais antigos e, recentemente, métodos ópticos de medição de roscas, caracterizados pelo uso de um microscópio, com vários acessórios (SILVA, 2011).

Métodos mecânicos de medição de roscas estão sujeitos a certas limitações. Por exemplo a medição por meios mecânicos do ângulo do perfil não é aplicável, a não ser para grandes valores de passo e com uso de máquinas de medir especiais. Já a medição do diâmetro do núcleo exigiria o uso de apalpadores de medição especiais e o resultado ficaria fortemente influenciado pelo tipo de contato destes apalpadores no fundo do perfil e pela força de medição utilizada, de modo que a confiabilidade do resultado ficaria comprometida. Deste modo, os métodos mecânicos de medição limitam-se à verificação do diâmetro externo, do passo e, com grande importância, à verificação do diâmetro de flancos (SILVA, 2011).

Métodos ópticos são caracterizados pelo uso de um microscópio. Todos os parâmetros de uma rosca externa, inclusive o ângulo do perfil e diâmetro do núcleo, são mensuráveis sem problemas, já que o procedimento é direto: mede-se cada um dos parâmetros independentemente dos outros, evitando-se a influência mútua com erros nos resultados. Nas roscas internas é possível medir-se apenas os semi-ângulos de flanco, através da confecção de uma " amostra " do perfil real do ângulo da rosca, feita de material com características de deformação volumétrica muito pequena (SILVA, 2011).

Fazendo uma comparação entre os métodos mecânicos e ópticos, pode-se definir as seguintes observações:

- A incerteza de medição, erro máximo, dos resultados obtidos com métodos mecânicos na maioria dos casos é menor do que aqueles obtidos com métodos ópticos;
- Os métodos ópticos são universais permitindo a medição de todos os elementos da rosca, sem exceção;
- Genericamente, os métodos mecânicos apresentam certas vantagens na verificação da produção em série. Nesta situação, são rápidos e os instrumentos convencionais necessários são baratos;
- Com o surgimento das máquinas de medir por coordenadas (M.M.C), os métodos mecânicos passaram a ser utilizados para a medição de parâmetros como diâmetro de flancos, passo e conicidade;

o ângulo de flancos é um parâmetro que ainda se obtém melhores resultados com os modernos microscópios de medição.

No Brasil o INMETRO (instituto nacional de metrologia, qualidade e tecnologia) é o órgão responsável pela área da metrologia científica e industrial, também pela metrologia legal.

Metrologia cientifica e industrial é a área responsável pela metrologia básica, visando a difusão das unidades do sistema internacional (SI), dirimindo seus múltiplos e submúltiplos no âmbito industrial de modo a manter a garantia da confiabilidade metrológica. Atua também de modo a gerenciar as atividades quanto à realização e manutenção dos padrões primários nacionais (THEISEN 1997).

Um organismo muito importante presente no Brasil é a RBC (Rede Brasileira de Calibração). Essa rede é constituída por laboratórios acreditados pela CQCRE e congrega competências técnicas e capacitações vinculadas às industrias, universidades e institutos tecnológicos, habilitados à realização de serviços de calibração (METROLOGIA 2003).

Metrologia legal é a "parte da metrologia que se refere às exigências legais, técnicas e administrativas, relativas às unidades de medida, aos métodos de medição, aos instrumentos de medir e às medidas materializadas" (INMETRO, 2000).

A execução do projeto para medição do diâmetro externo e diâmetro primitivo de roscas externas se faz necessário para atender as necessidades de clientes atuais e futuros do LAMETRO que realizam o processo de calibração de calibradores roscados, devendo ser aprovado e implementado a fim de fidelizar os clientes do laboratório e concorrer com outros laboratórios que prestam este serviço.

2 DEFINIÇÃO DE ROSCAS

Rosca é um filete (de seção constante) de forma helicoidal feito na superfície externa ou interna de um cilindro ou cone (MASTRO, ESPÍNDOLA; LEITE 2012, FIALHO, 2005)

Sua aplicação/emprego é em sistemas onde há necessidade de fixação por meio de parafuso e porca. É utilizada também em sistema de transmissão de movimento seja em máquinas ferramentas (torno, fresa, retífica), seja onde há

necessidade de precisão no movimento, por exemplo, máquinas CNC, instrumento de medição (micrômetros) (FIALHO 2005).

Possui forma cilíndrica ou cônica e pode ser externa ou interna. O processo de fabricação de roscas pode ser classificado em três grupos: torneamento, corte e fresamento.

Torneamento: neste processo utiliza-se torno convencional ou torno CNC, o avanço do fuso principal programado na máquina-ferramenta é transmitido a peça de modo que o passo é “copiado” do torno para a peça, conforme figura 1.

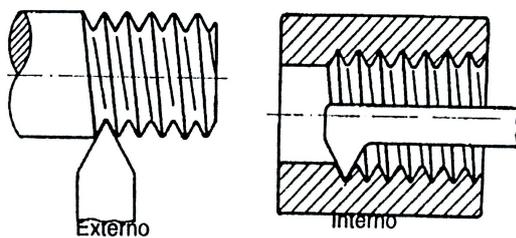



Figura 1: Torneamento externo e interno de roscas
Fonte: Carvalho (2011)

Corte de Roscas: neste processo a fabricação das roscas é feita de forma manual ou automática. Para roscas internas após as furações utiliza-se conjunto de três ferramentas de roscar denominadas macho. Já para roscas externas é utilizado o cossinete juntamente com o porta-cossinete, conforme indicado na figura 2.

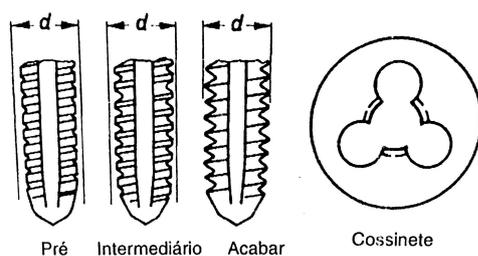



Figura 2: Corte externo e interno de roscas
Fonte: Carvalho (2011)

Fresagem: neste processo ocorre a fresagem dos dentes, onde o perfil da fresa sobrepõe os movimentos de rotação do corte. A ferramenta, além da rotação de corte, divide um avanço axial sobre o fuso principal. Com isso, o giro da peça é ordenado através de um movimento circular, figura 3.

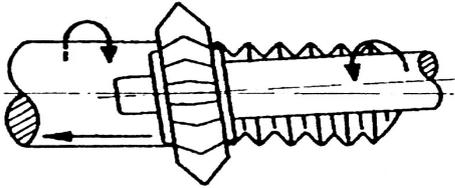



Figura 3: Fresamento externo de roscas
Fonte: Carvalho (2011)

Para roscas curtas externas e internas, são empregadas fresas de roscar pequenas, semelhantes às fresas cilíndricas, figura 4.

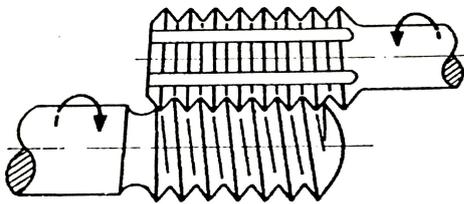



Figura 4: Fresamento externo de roscas
Fonte: Carvalho (2011)

Quanto ao perfil do filete as roscas são em:

- Triangular: é um perfil muito utilizado por ser empregado em parafusos e porcas seriadas para fixação de peças, precisão e vedação, conforme desenho figura 5.

Figura 5: Perfil de rosca triangular
Fonte: Mastro, Espíndola e Leite (2012)

- Quadrado: empregado em parafusos de recebem grandes esforços e choques, figura 6.

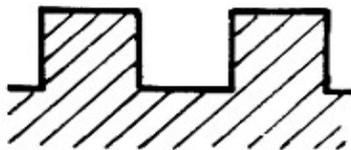



Figura 6: Perfil de rosca quadrada
Fonte: Mastro, Espíndola e Leite (2012)

- Dente de Serra: Movimentação de parafusos que recebem grandes cargas de esforços em um único sentido, figura 7.

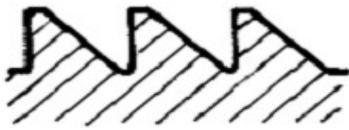



Figura 7: Perfil de rosca dente de serra
Fonte: Mastro, Espíndola e Leite (2012)

- Trapezoidal: utilizada em parafusos onde o movimento é uniforme e suave, formato do perfio da rosca inicado na figura 8.

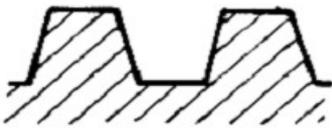



Figura 8: Perfil de rosca trapezoidal
Fonte: Mastro, Espíndola e Leite (2012)

- Redondo: parafuso de diâmetros elevados onde há incidência de grandes esforços, como choques mecânicos, o filete desta rosca tem o formato arredondado, conforme figura 9. Exemplo prensa.

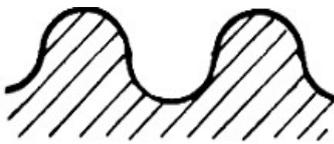



Figura 9: Perfil de rosca redonda
Fonte: Mastro, Espíndola e Leite (2012)

O processo de rosqueamento entre parafuso e porca exige que pelo menos cinco parâmetros devem se ajustar entre si, são eles: diâmetro maior, menor, efetivo ou diâmetro do flanco, passo ou ângulo de avanço e ângulo da rosca, conforme figura 10. Se uma destas medidas estiver incorreta, o ajuste ou transmissão de forças ou movimentos entre rosca interna (peça fêmea) e a rosca externa (peça macho) será deficiente.

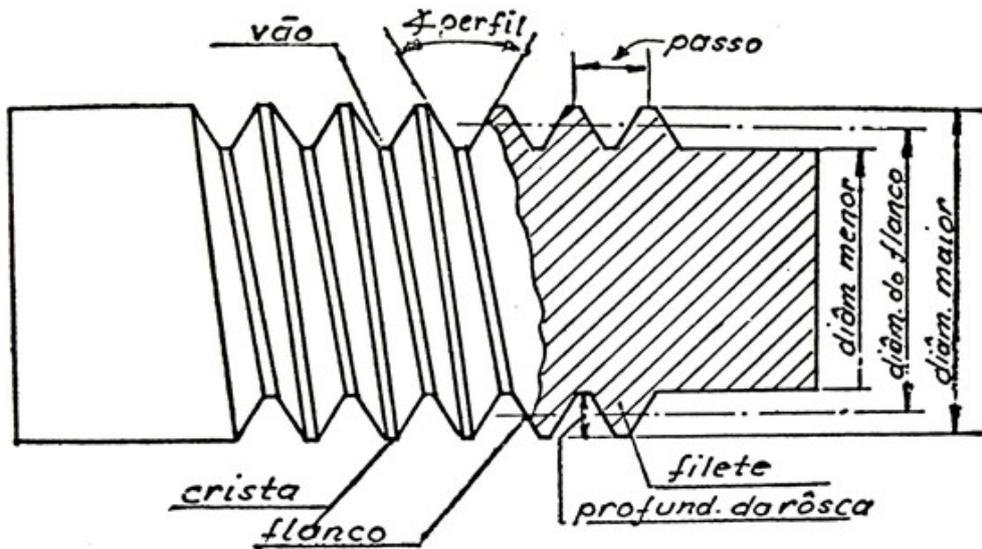



Figura 10: Nomenclatura de roscas
Fonte: Cunha (2015)

Roscas são designadas por meio de letra representativa indicando a dimensão do diâmetro externo e o passo, conforme tabela 2. Passo distância, medida paralelamente ao eixo, entre pontos correspondentes de dois perfis adjacentes, no mesmo plano axial e do mesmo lado do eixo (STEMMER 1995).

O passo se indica diretamente em milímetros para rosca métrica cujo ângulo do perfil da rosca equivale a 60°.

Para roscas unificadas e Whitworth o passo é indicado pelo número de fios por polegada, sendo que o ângulo do perfil da rosca equivale a 55° para a rosca Whitworth.

Por exemplo, uma rosca M20x1,5 significa que é uma rosca métrica cujo diâmetro externo equivale a 20 mm com um passo de 1,5 mm.

Já para rosca Whitworth W3/4" - 10 por exemplo, seu diâmetro externo equivale a ¾" sendo o passo 10 fios por polegada.

Tabela 2: Séries de roscas e as abreviaturas usuais (CUNHA 2015).

NC = significa rosca grossa do inglês "national coarse"; USS = padrões de rosca NC. Padrão americano, padrão inglês e padrão métrico; NF = significa rosca fina; EF = significa rosca extra fina; W = rosca Whitworth; N8 = significa rosca padrão americano ou nacional com 8 roscas por polegadas para qualquer diâmetro; API = "american petrololeum institute"; N12 = significa 12 roscas por polegada para qualquer diâmetro;

M = rosca métrica.

Alguns métodos mecânicos para medição do diâmetro médio ou diâmetro do flanco de roscas será exposto a seguir.

Este parâmetro é tão importante porque caracteriza a rosca, porém sua medição não está diretamente disponível e necessita de acessórios para sua determinação.

2.1 DETERMINAÇÃO POR CILINDROS OU MÉTODO DOS TRÊS ARAMES

Neste método de medição ambos os arames possuem a mesma dimensão e são determinados de acordo com o passo da rosca a ser definida.

Os arames são construídos com altíssimo acabamento e precisão, o processo de construção é através de lapidação com dureza entre 63 HRC e 66 HRC conforme catalogo Mitutoyo (MITUTOYO 2014).

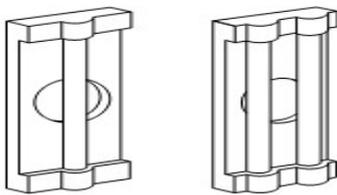



Figura 11: Arames para medição (pares)
Fonte: Mitutoyo (2014)

Afim de assegurar os melhores resultados o diâmetro teórico dos arames é calculado pela fórmula d = $\frac{p}{2\cos(\alpha/2)}$, onde:

d = passo da rosca

α = ângulo entre filetes

Os arames com estes diâmetros tocam os flancos exatamente na linha média onde se deveria realizar as medições, porém isso demandaria uma quantidade grande de arames, em virtude disso jogos de arames com diâmetros normalizados são utilizados.

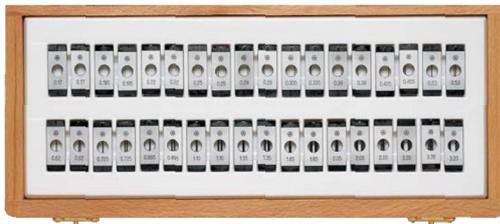
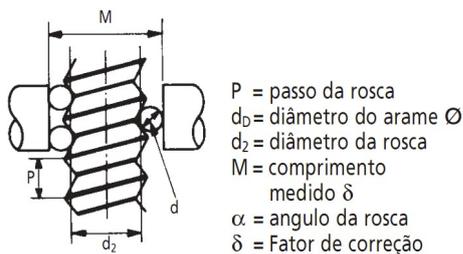



Figura 12: Jogo de três arames
Fonte: Mitutoyo (2014)

O cálculo para o diâmetro médio ou diâmetro do flanco de roscas segue a fórmula apresentada a seguir:

$$M = d_2 + \frac{d_D}{\sin\frac{\alpha}{2}} - \frac{P}{2\tan\frac{\alpha}{2}} + d_D + \delta$$

$$\delta = \frac{d_D}{2} \cdot \frac{P^2}{\pi^2} \cdot \frac{\cos\frac{\alpha}{2} \cdot \cot\frac{\alpha}{2}}{{d_2}^2}$$

Figura 13: Fórmula para cálculo do diâmetro primitivo
Fonte: Mitutoyo (2014)

2.2 DETERMINAÇÃO POR CONES E PRISMAS

É um método muito comum devido a rápida forma de medição e pelos resultados que não necessitam de cálculos.

Neste tipo de medição os cones e prismas são inseridos nos batentes intercambiáveis onde o acoplamento é sem folgas entre as partes, somente é possível que cones e prismas girem afim de facilitar as medições, pois estes devem se acomodar sobre os flancos da rosca de acordo com seu passo.

Figura 14: Micrômetro externo para medição do diâmetro primitivo
Fonte: Mitutoyo (2014)

Os cones e prismas ou cones e facas variam conforme o passo da rosca e também de acordo com a aplicação, por exemplo, rosca métrica, rosca Whitworth, Americana.

Os cones e facas possibiliam uma maior rapidez no processo, pois ao tocar a rosca, já tocam no centro da mesma.

Código	Métrica*	Unificada**
Extensões de batentes individuais		60°
126-801	0,4-0,50	64,0-48,0
126-802	0,6-0,90	44,0-28,0
126-803	1,0-1,75	24,0-14,0
126-804	2,0-3,00	13,0- 9,0
126-805	3,5-5,00	8,0- 5,0
126-806	5,5-7,00	4,5- 3,5

Código	Whitworth**	Código	Whitworth**
Extensões de batentes individuais			55°
126-811	60-48	126-816	18,0-14,0
126-812	48-40	126-817	14,0-10,0
126-813	40-32	126-818	10,0- 7,0
126-814	32-24	126-819	7,0- 4,5
126-815	24-18	126-820	4,5- 3,5

Figura 15: Acessórios opcionais (pontas de medição)
Fonte: Mitutoyo (2014)

2.3 DEFINIÇÃO CALIBRADOR DE ROSCA

São padrões com dimensões estabelecidas por normas amplamente empregados na indústria metal-mecânica.

Devido ao custo relativamente baixo, construção simples os calibradores de roscas se tornam uma opção para uma série de medições na indústria.

Imagine um disco de freio que possui as furações para fixação/encaixe com o aro da roda do automóvel.

Essas furações são roscadas obedecendo aos critérios do projeto, se for verificar as furações com outros métodos demandaria um elevado tempo de análise, nesta situação os calibradores de rosca são empregados devido sua confiança e agilidade nas medições.

Figura 16: Calibrador de Rosca Passa Não-Passa
Fonte: Kingtools (2015)

Suas características de fabricação são de tal modo que uma das extremidades o calibrador de rosca possui a dimensão máxima permitida e na outra extremidade possui a dimensão mínima, denominado desta forma de calibrador de rosca passa não-passa.

Os calibradores de rosca são desenvolvidos a partir de uma tolerância de 4 □m de fabricação, portanto a calibração destes equipamentos exige instrumentos com baixa incerteza de medição.

De acordo com o VIM (vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia) item 3.9 incerteza de medição é parâmetro associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentadamente atribuídos a um mensurando".

Observação: entende-se que o resultado da medição é a melhor estimativa do valor do mensurando, e que todos os componentes da incerteza, incluindo aqueles resultantes dos efeitos sistemáticos, como os componentes associados com correções e padrões de referência, contribuem para a dispersão.

3 DESENVOLVIMENTO

O procedimento para a calibração de calibradores roscados foi constatado devido a demanda na região, sendo por meio de solicitações de clientes e de pesquisa aplicada e tabulada pela UPE (Unidade de Pesquisa) SATC. Esta pesquisa foi realizada no ano de 2010 por solicitação do LAMETRO, o gráfico abaixo representa respostas de metalúrgicas da região na época da pesquisa, quanto à

abordagem foi quantitativa, objetivo explicativo, procedimento técnico bibliográfico e experimental.

Nesta pesquisa ficou evidenciado a necessidade de calibração de 31 instrumentos de acordo com a tabela 3.

Tabela 3: Equipamentos que necessitam de calibração

Tabela 35: Equipamentos que necessitam de calibração

Equipamentos para calibração	Freq.	%
Trena	56	8,0%
Micrômetro Externo	47	6,7%
Paquímetro Quadrimensional	44	6,3%
Relógio comparador centesimal	40	5,7%
Esquadro	39	5,5%
Outros	36	5,1%
Transferidor de ângulos	35	5,0%
Comparador de diâmetros internos - Súbito	33	4,7%
Calibrador de rosca	31	4,4%
Paquímetro de serviços pesados	28	4,0%
Paquímetro de profundidade	25	3,6%
Manômetro	21	3,0%
Torquímetro	18	2,6%
Traçador de altura	18	2,6%
Termopares	17	2,4%
Calibrador de raio	16	2,3%
Durômetro Brinel	15	2,1%
Micrômetro interno com três pontas de mediçã	15	2,1%
Hastes padrão	14	2,0%
Micrômetro interno tubular	14	2,0%
Lupas de medição	14	2,0%
Calibrador de folga	14	2,0%
Indicador/Controlador de temperatura	14	2,0%
Relágio comparador milesimal	13	1,8%
Esquadro combinado	12	1,7%
Anel Padrão liso	10	1,4%
Relógio apalpador centesimal	9	1,3%
Relógio apalpador milesimal	9	1,3%
Micrômetro de profundidade	6	0,9%
Micrômetro Externo batentes intercambiáveis	6	0,9%
Durômetro Rockwell	6	0,9%
Temporizador	5	0,7%
Medidor de espessura com relógio comparadc	5	0,7%
Micrômetro interno tipo paquímetro	5	0,7%
Peneira	4	0,6%
Durômetro Shore	4	0,6%
Não respondeu	3	0,4%
Calibrador de boca	2	0,3%
TOTAL CIT.	703	100%

Fonte: UPESATC (2010)

As solicitações para calibração destes instrumentos chegam de clientes do próprio laboratório e de clientes de outras regiões do estado.

Todo e/ou qualquer instrumento de medição que venha a interferir no processo produtivo, ou seja, que faz o controle, validação ou que sua indicação afete o processo, necessita de calibração para garantia dos resultados produzidos. De acordo com o VIM (vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia) calibração é o “conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de

medição ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões" (INMETRO, 2000).

O projeto consiste em utilizar uma guia linear com dois patins que foi adquirida do fabricante Kalatec Automação, segundo o fabricante as guias lineares são produtos de alto desenvolvimento tecnológico, produzidas para suportar alta capacidade de carga, alta rigidez, capacidade de auto alinhamento, baixo atrito, suavidade na movimentação e alta velocidade. Possui grande versatilidade de aplicações para diversos segmentos devido às características, design, facilidade de instalação e excelente custo benefício. As aplicações mais usuais são máquinas Router CNC, corte plasma, oxicorte, laser, robôs cartesianos, injetoras de plástico, mesas de coordenadas entre outras.

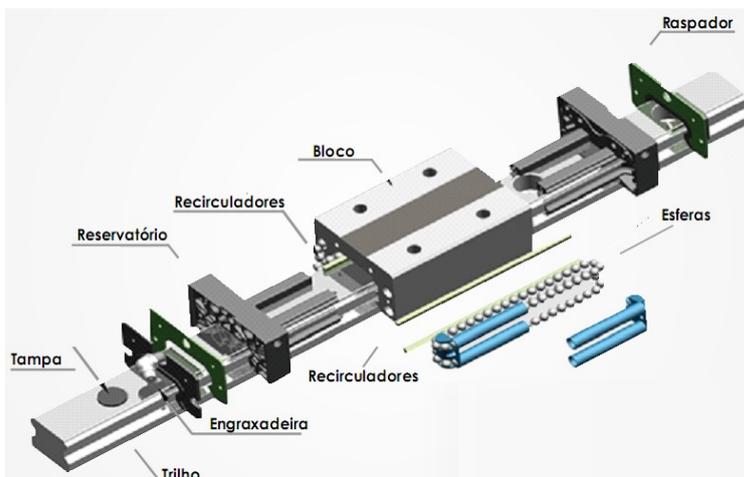



Figura 17: Vista Explodida de Uma Guia Linear Kalatec Automação
Fonte: kalatec (2014)

A guia linear foi fixada sobre uma base retificada afim de dar mais rigidez e segurança ao projeto.

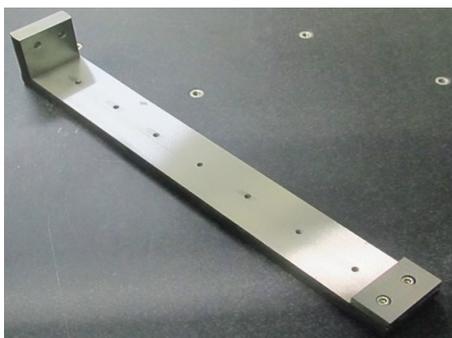



Figura 18: Base retificada

Feito a fixação da guia linear a base, sobre os patins foram construídos dois blocos maciços de aço SAE 1020 retificados em todas as superfícies.

Afim de fixar os fusos onde serão colocados os batentes intercambiáveis furou-se os blocos com furo passante na região central das faces de contato, conforme figura 19 e 20.

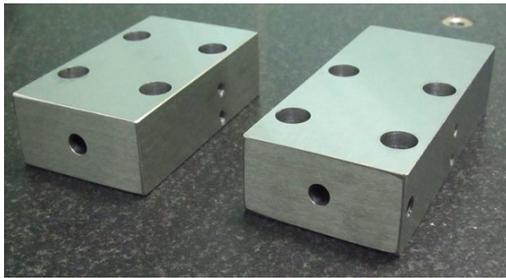



Figura 19: Blocos retificados

Figura 20: Fusos com as pontas intercambiáveis de contato

Os fusos bem como os blocos são fixados à estrutura da guia linear por parafusos.

Um dos blocos retificados está preso na estrutura para dar sustentação ao princípio de tração das molas, automaticamente um dos patins da guia linear também fixo está, conforme visualizado na figura 21.

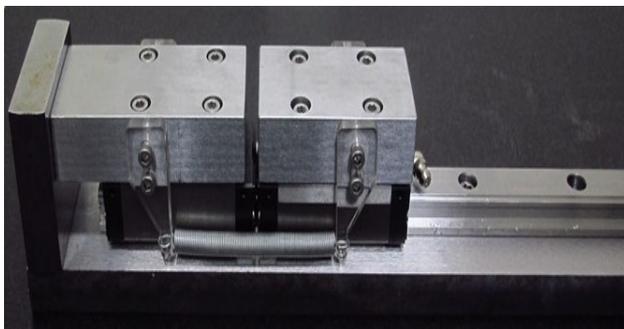



Figura 21: Dispositivo fixado

4 MÁQUINA TRIDIMENSIONAL DE MEDIÇÃO POR COORDENADAS - (M.M.C)

Com o advento das novas tecnologias principalmente centro de usinagem e as máquinas que utilizam o processo de Controle Numérico Computadorizado (CNC), criou-se a necessidade de uma tecnologia que pudesse acompanhar essa evolução.

As MMCs (Máquinas de Medição Por Coordenadas) são equipamentos altamente empregados hoje no processo industrial pois além da grande confiabilidade metrológica seu uso dispensa uma séria de instrumentos convencionais que seriam utilizados para efetuar uma dada medição. Esse aspecto é favorável, de forma a traduzir financeiramente possibilitando solucionar problemas metrológicos que seria de difícil solução com os recursos clássicos. Atualmente há no mercado máquinas de medição por coordenadas de processo manual e também CNCs.

Sua aplicação vai muito além de recursos como medição de diâmetros, cones, ângulos, cilindros. É possível determinar coordenadas da peça analisada conhecendo a posição que um elemento ocupa dentro do espaço de trabalho, avaliando concentricidade, perpendicularidade, paralelismo, verdadeira posição entre outros parâmetros.

O custo de uma MMC ainda é alto. Nos países desenvolvidos, onde a mão de obra tem um custo elevado, a medição de uma peça com certo grau de complexidade já é significativamente mais econômica com uma MMC do que aplicando a instrumentação clássica (UDESC 2015).

No projeto proposto a máquina de medição por coordenadas utilizada será uma Bright M507 Mitutoyo com dimensões de 500 mm X 700 mm X 400 mm nos eixos X,Y e Z conforme figura 22 e respetivamente pertencente ao LAMETRO (Laboratório de Metrologia).

Figura 22: Máquina de medição por coordenadas Mitutoyo Bright-M 507.

4.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Um dos principais parâmetros a ser definido em uma rosca é o diâmetro dos flancos ou diâmetro primitivo pois é nesta área que é feito o contato entre porca e parafuso, sendo esta área que sofre maior esforços e tensão das peças.

Feito a fixação dos componentes (guia linear a base, bloco retificado aos patins) o dispositivo e colocado sobre a mesa da máquina de medição por coordenadas e fixado com acessórios próprios que acompanham a MMC.

A MMC é operada segundo software Geopack 3, para a verificação do diâmetro externo do calibrador de rosca usar-se-á os blocos retificados sem as pontas intercambiáveis.

Dispor o calibrador de rosca de modo que este fique ajustado sobre as superfícies de contato dos blocos e de maneira que permita sua fixação conforme figura 23.

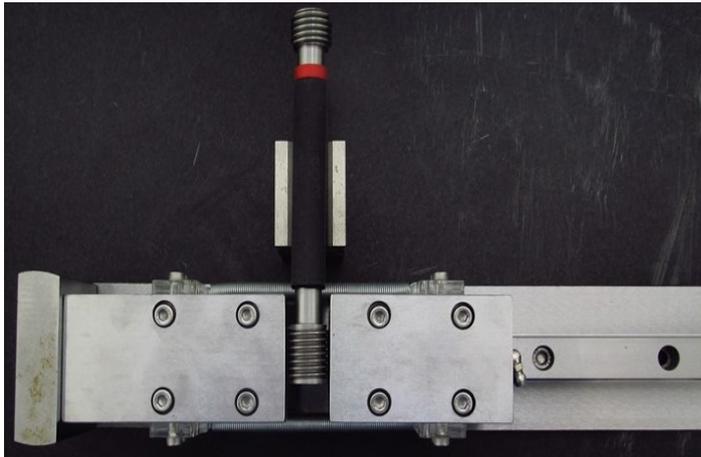



Figura 23: Medição do diâmetro externo do calibrador de roscas

Medir a distância com a máquina de medição por coordenadas entre as faces retificadas dos blocos, o valor encontrado será referente ao diâmetro externo do calibrador de rosca.

Para medir o diâmetro primitivo deve-se colocar os fusos e fixa-los aos blocos retificados, após a fixação é colocado o conjunto das pontas intercambiáveis de acordo com passo da rosca.

Dispor o calibrador de rosca de modo que este fique ajustado sobre as pontas de contato conforme figura 24.

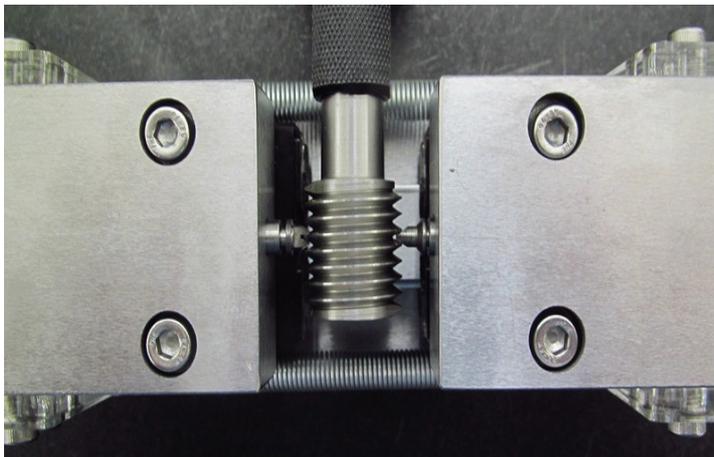



Figura 24: Medição do diâmetro primitivo do calibrador de roscas

Medir a distância com a máquina de medição por coordenadas entre as faces retificadas dos blocos com as pontas se encaixando sem o calibrador de roscas. Após, medir a distância entre as faces dos blocos conforme figura acima.

O valor encontrado deverá ser subtraído da primeira leitura e esta será referente ao diâmetro primitivo do calibrador de rosca.

4.2 CUSTOS DO PROJETO

Primeiramente o item a ser adquirido foi a guia linear juntamente com dois patins do fornecedor Kalatec Automação Industrial, o valor de compra foi de R$ 280,22. Para a construção da base e blocos utilizou-se barras de aço 1045. A usinagem dos componentes também foi realizada na instituição e o custo esta discriminado na tabela 4, conforme consulta ao setor de compras:

Tabela 4: Custos

ITEM	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R$)	CUSTO TOTAL (R$)
Base	1	25,00	25,00
Blocos	2	20,00	40,00
Horas usinagem da base	5	35,00	175,00
Horas usinagem dos blocos	5	35,00	175,00
Horas retifica da base	1	25,00	25,00
Horas retifica blocos	1	25,00	25,00
Total			465,00

Outros custos como parafusos de fixação, mola de retorno do patins, acrilíco e corte dos suportes de acrílico ficaram em torno de R$ 70,00.

O custo total do dispositivo girou em torno de R$ 815,00, somando os ativos do projeto, itens da tabela 4 e outros custos menores, valores estes próximos ao valor real do dispositivo de medição.

4.3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Os testes mostram que o trabalho de usinagem utilizado mostrou-se satisfatório tanto da base retificada como dos blocos retificados.

A figura 25, mostra a medição do diâmetro externo de um calibrador passa-não passa de rosca interna com o uso de micrômetro externo calibrado, padrão do LAMETRO - Laboratório de Metrologia.

Figura 25: Medição do diâmetro externo.

O valor apresentado pelo instrumento neste ponto de medição indica que seu diâmetro externo foi 15,888 mm.

A figura 26 mostra a mesma medição sendo feita com o uso do dispositivo desenvolvido juntamente com a M.M.C.

Figura 26: Medição do diâmetro externo com M.M.C

Os valores desta medição e apresentados na figura 27, ficam contemplados dentro do intervalo de incerteza de medição.

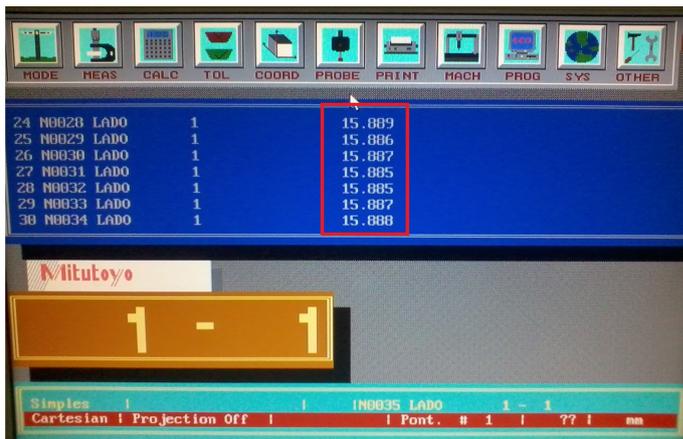



Figura 27: Tela dos resultados das medições

A média das sete medições efetuadas na superfície de contato dos blocos retificados foi de 15,8867 mm, valor muito próximo do encontrado com o uso do micrômetro externo milesimal.

5 CONCLUSÕES

Este artigo contemplou a elaboração, execução e implementação de dispositivo para uso em máquinas de medição por coordenadas tornando-se assim uma nova opção para a medição do diâmetro externo e também do diâmetro primitivo de roscas externas.

Com o equipamento desenvolvido é possível obter maior controle e precisão na medição de rosca realizada no laboratório.

Os experimentos práticos de medição realizados com o equipamento desenvolvidos foram satisfatórios, comprovando a eficiência dos recursos utilizados.

As próximas etapas a serem testadas será a medição do diâmetro primitivo do calibrador passa-não passa, a seguir será testado em instrumentos com dimensões maiores.

Para validação dos dados tanto o passa-não-passa deste ensaio como um com dimensões superiores a 200 mm serão enviados para laboratórios externos pertencentes a RBC (Rede Brasileira de Calibração) para calibração afim de comprovar a confiabilidade metrológica deste dispositivo, para posterior colocação em uso no laboratório e prestação de serviços.

REFERENCIAS

BECKWITH, T.G.; BUCK, N. L. **Mechanical Measerementes**. Reading, Massachussets: Addison-Wesley, 1991.

CARVALHO, ALESSANDRA OLINDA**. Análise da Dinâmica do Processo de Roscamento por Conformação na Liga de Magnésio A**M60. Dissertação de Mestrado, São João Del-Rei: Universidade Federal de São João Del-Rei, 2011.

CUNHA, L S**. Nova Mecânica Industria**l: manual prático do mecânico. São Paulo: Hemus, 19--.

FIALHO, A. B. . **Instrumentação Industrial**: Conceito, Aplicação e análise. São Paulo: Érica Ltda, 2005.

INMETRO. **Vocabulário de metrologia legal.** Brasília: SENAI/DN, 2000.

_________. **Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia.** Brasília: SENAI/DN, 2000.

KALATEC**. Guias Lineares, Série-TRH e Série-MRMiniatura**. Catalogo. KALATEC, 2014.

KINGTOOLS. **Calibradores de Rosca.** Disponivel em: <http://www.kingtools.com.br/Administrativo/Files/20120702013849__5.pdf>. Acesso em: 28 de setembro de 2015.

MASTRO, E DEL, H. S. D. M ESPÍNDOLA, O. P LEITE. **Desenho Tecnico Mecânico II**. Apostila, Sorocaba: Faculdade de Tecnologia de Sorocaba, 2012, 160.

METROLOGIA. **Metrologia e Instrumentação.** São Paulo: Epse, 2003.

MITUTOYO. **Catálogo Geral de Produtos**. Catálogo Geral de Produtos. MITUTOYO, 2014.

COELHO, P.A.A**, Fabricação por Conformação de Porças e Parafusos Ocos de Parede Fina.** Institutu Técnico Lisboa, Dissertação para obtenção do titulo de mestrado em Engenharia Mecânica. Lisboa 2014.

STEMMER, C. E. . **Ferramentas de Corte II**: brocas, alargadores, ferramentas de roscar, fresas, brochas, rebolos, abrasivos. Florianópolis: Editora da UFSC, 1995.

STEMMER, C. E., **Ferramentas de Corte 1**. Florianópolis, Universidade de Santa Catarina, 1995.

THEISEN , Á. M. F. **Fundamentos da Metrologia Industrial**: aplicação no processo de certificação ISO 9000. Porto Alegre, 1997.

SILVA, R. J. **Desenvolvimento de Um Sistema Automatizado e Dedicado a Medição de Diâmetros Internos.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia Mecânica. São Carlos 2011.

UDESC. **Máquinas de Medir por Coordenadas**. Dospinivel em: <www.joinville.udesc.br/portal/professores/veriano/materiais/09_Maquinamedircoordenadas.pdf> . Acesso em: 29 de setembro de 2015.

UPESATC. **Equipamentos que Necessitam de Calibração**. Calibração. Criciúma: Unidade de Pesquisa SATC, 2010.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FACULDADE SATC por todo o apoio financeiro e a pesquisa realizada neste trabalho, ao LAMETRO por disponibilizar parte de suas instalações e parte da matéria prima usada no projeto, ao laboratório de prototipagem rápida PRONTO 3D, por disponibilizar toda sua infraestrutura para realização da montagem e experimentos práticos.